

PAT-NO: JP411135482A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11135482 A

TITLE: MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE AND REACTION ROOM  
ENVIRONMENT CONTROL METHOD FOR DRY ETCHING DEVICE

PUBN-DATE: May 21, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
IMAI, SHINICHI	N/A
CHIWARI, NOBUHIRO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MATSUSHITA ELECTRON CORP	N/A

APPL-NO: JP09296923

APPL-DATE: October 29, 1997

INT-CL (IPC): H01L021/3065

ABSTRACT:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To stably open a contact hole with good reproducibility by forming a photoresist pattern on a silicon oxide film and etching the silicon oxide film through the use of the plasma of gas whose ratio of fluorine against carbon is specified.

**SOLUTION:** The silicon oxide film 21 is stacked on the silicon substrate 20 and the photoresist pattern 22 is formed on the silicon oxide film 21. The photoresist pattern 22 has an opening part 23 regulating the form of the position of a contact hole. Then, the silicon substrate 20 is set in the reaction room of a dry etching device. The mix gas whose ratio of fluorine against carbon is not more than '2' is introduced to the reaction room. High frequency power is applied to an induction coil, the silicon oxide film 21 is etched and the contact hole 24 is formed in the silicon oxide film 21. A polymer film adhered to the inner wall of the reaction room is oxidized by oxygen plasma and it is removed.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-135482

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月21日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 1 L 21/3065

識別記号

F I  
H 0 1 L 21/302

B  
F

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-296923

(22) 出願日 平成9年(1997)10月29日

(71) 出願人 000005843

松下電子工業株式会社  
大阪府高槻市幸町1番1号

(72) 発明者 今井 伸一

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内

(72) 発明者 地割 信浩

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内

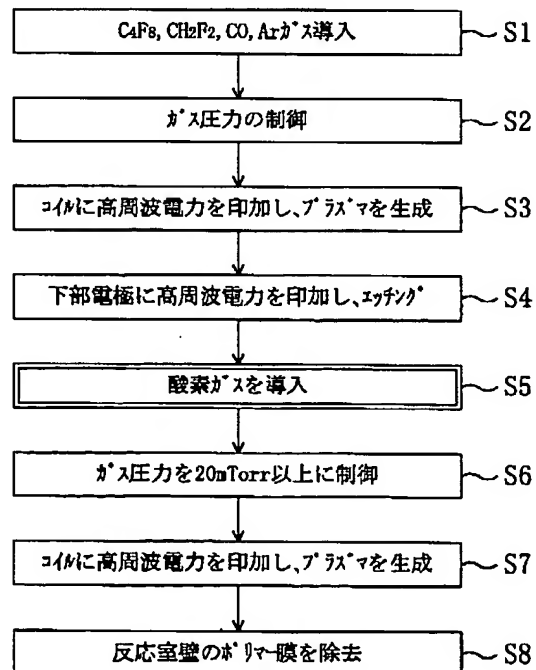
(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法およびドライエッチング装置の反応室環境制御方法

(57) 【要約】

【課題】 炭素に対するフッ素の比率が2以下のガスを用いたプラズマエッチング工程において安定したエッチング特性を実現する。

【解決手段】 エッチング装置の反応室内で炭素に対するフッ素の比が2以下のガスのプラズマを用いて酸化シリコン膜のエッチングを行う工程の後、反応室内の内壁に形成されたポリマー膜を酸素プラズマによって酸化・除去する反応室環境制御工程を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に半導体素子を形成する工程と、前記基板上に酸化シリコン膜を堆積する工程と、前記酸化シリコン膜上にフォトリソパターンを形成する工程と、

エッチング装置の反応室内で炭素に対するフッ素の比が2以下のガスのプラズマを用いて前記酸化シリコン膜のエッチングを行う工程と、前記反応室内の内壁に形成されたポリマー膜を酸化する反応室環境制御工程と、を包含することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 前記反応室環境制御工程は、酸素プラズマ処理を行う工程を含むことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 前記酸素プラズマ処理は、前記基板に高周波電力を供給しない状態で実行することを特徴とする請求項2記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 前記酸化シリコン膜のエッチング工程の後、エッチング終端面上に形成されたポリマー膜を除去する工程を行うことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 前記酸化シリコン膜のエッチング工程の後、前記反応室環境制御工程の前に、エッチング終端面上に形成されたポリマー膜を除去する工程を行うことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】 前記酸化シリコン膜のエッチング工程の後、前記反応室環境制御工程の後に、エッチング終端面上に形成されたポリマー膜を除去する工程を行うことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】 前記エッチング終端面上に形成されたポリマー膜を除去する工程は、前記基板に高周波電力を供給しながら実行することを特徴とする請求項4から6の何れかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項8】 前記酸素プラズマ処理は、流量が200 sccm以上の酸素を前記反応室内に供給し、前記反応室内のガス圧力を20 mTorr以上にして実行することを特徴とする請求項2または3に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項9】 前記酸素プラズマ処理は、合計の流量が200 sccm以上の一酸化炭素および酸素を前記反応室内に供給し、前記反応室内のガス圧力を20 mTorr以上にして実行することを特徴とする請求項2または3に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】 前記炭素に対するフッ素の比が2以下のガスは、 $C_4F_8$ 、 $C_5F_8$ 、 $C_3F_6O$ 、及び $C_4F_6$ からなる群から選択された分子を含むことを特徴とする請求項1から9の何れかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】 前記反応室内の環境を前記反応室内の $C_2$ 、酸素またはフッ素の発光を用いてモニターするモニター工程を含むことを特徴とする請求項1から10の

何れかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項12】 前記 $C_2$ の発光として、波長516 nmの発光を用いることを特徴とする請求項11に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項13】 前記酸素の発光として、波長777 nmの発光を用いることを特徴とする請求項11に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項14】 前記フッ素の発光として、波長704 nmまたは685 nmの発光を用いることを特徴とする請求項11に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項15】 前記反応室環境制御工程は、前記エッチング処理終了後に行うことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項16】 前記反応室環境制御工程は、前記エッチング処理の前に行うことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項17】 炭素に対するフッ素の比が2以下のガスのプラズマを用いて反応室内で酸化シリコン膜のエッチング工程を行うドライエッチング装置の反応室環境制御方法であって、

前記ドライエッチング工程が行われていない間に、前記反応室内の内壁に形成されたポリマー膜に対して酸素プラズマ処理を行うことを特徴とする反応室環境制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造方法およびドライエッチング装置の反応室環境制御方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年の半導体デバイスの集積度向上にはめざましいものがある。デバイスの高集積化の原動力となっているリソグラフィ技術においては、集積度を向上させるために、より微細なパターンを形成する必要がある。このために、光源の波長を短くして対応している。現在は、フッ化クリプトン( $KrF$ )を用いたエキシマレーザーによるリソグラフィプロセスが主流となっている。このようなフォトリソグラフィ工程において高解像度を得るためには、被加工基板上に形成するフォトリソ膜を薄くする必要がある。

【0003】酸化シリコン膜にコンタクトホールを開孔する場合、酸化シリコン膜上にフォトリソパターンを形成した状態で、部分的に露出する酸化シリコン膜を選択的にエッチングする必要がある。高解像度を実現する目的のもと、フォトリソパターンとして薄いフォトリソ膜を使用する場合、酸化シリコン膜をエッチングするためのプラズマが薄いフォトリソ膜をもエッチングしてしまわないようにする必要がある。酸化シリコン膜のエッチングに使用されるフルオロカーボンガス(炭素とフッ素を含むガス)には、フォトリソ膜

のエッチングに寄与するフッ素が含まれている。このため、例えば、一分子中に含まれる炭素に対するフッ素の比率が比較的低いフルオロカーボンガス（例えばC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>）がエッチングガスとして注目されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>等のフルオロカーボンガスを用いて酸化シリコン膜にコンタクトホールを形成する場合、同じエッチング条件のもとで形成できるコンタクトホールの深さ（以下、「エッチング深さ」と称する。）がエッチング処理数の増加

にもなって浅くなるという問題がある。  
【0005】本発明は斯かる諸点に鑑みてなされたものであり、その主な目的は、再現性良く安定的にコンタクトホールを開口できる工程を包含した半導体装置の製造方法、および、そのために必要なドライエッチング装置の反応室環境制御方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体装置の製造方法は、基板上に半導体素子を形成する工程と、前記基板上に酸化シリコン膜を堆積する工程と、前記酸化シリコン膜上にフォトレジストパターンを形成する工程と、エッチング装置の反応室内で炭素に対するフッ素の比が2以下のガスのプラズマを用いて前記酸化シリコン膜のエッチングを行う工程と、前記反応室内の内壁に形成されたポリマー膜を酸化する反応室環境制御工程とを包含する。

【0007】前記反応室環境制御工程は、酸素プラズマ処理を行う工程を含むことが好ましい。

【0008】前記酸素プラズマ処理は、前記基板に高周波電力を供給しない状態で実行することが好ましい。

【0009】前記酸化シリコン膜のエッチング工程の後、エッチング終端面上に形成されたポリマー膜を除去する工程を行ってもよい。

【0010】前記酸化シリコン膜のエッチング工程の後、前記反応室環境制御工程の前に、エッチング終端面上に形成されたポリマー膜を除去する工程を行ってもよい。

【0011】前記酸化シリコン膜のエッチング工程の後、前記反応室環境制御工程の後に、エッチング終端面上に形成されたポリマー膜を除去する工程を行ってもよい。

【0012】前記エッチング終端面上に形成されたポリマー膜を除去する工程は、前記基板に高周波電力を供給しながら実行することが好ましい。

【0013】前記酸素プラズマ処理は、流量が200 sccm以上の酸素を前記反応室内に供給し、前記反応室内のガス圧力を20 mTorr以上にして実行することが好ましい。

【0014】前記酸素プラズマ処理は、合計の流量が200 sccm以上の一酸化炭素および酸素を前記反応室

内に供給し、前記反応室内のガス圧力を20 mTorr以上にして実行することが好ましい。

【0015】前記炭素に対するフッ素の比が2以下のガスは、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>6</sub>O、及びC<sub>4</sub>F<sub>6</sub>からなる群から選択された分子を含むことが好ましい。

【0016】前記反応室内の環境を前記反応室内のC<sub>2</sub>、酸素またはフッ素の発光を用いてモニターするモニター工程を含むことが好ましい。

【0017】前記C<sub>2</sub>の発光として、波長516 nmの発光を用いてもよい。

【0018】前記酸素の発光として、波長777 nmの発光を用いてもよい。

【0019】前記フッ素の発光として、波長704 nmまたは685 nmの発光を用いてもよい。

【0020】前記反応室環境制御工程は、前記エッチング処理終了後に行ってもよい。

【0021】前記反応室環境制御工程は、前記エッチング処理の前に行ってもよい。

【0022】本発明の反応室環境制御方法は、炭素に対するフッ素の比が2以下のガスのプラズマを用いて反応室内で酸化シリコン膜のエッチング工程を行うドライエッチング装置の反応室環境制御方法であって、前記ドライエッチング工程が行われていない間に、前記反応室内の内壁に形成されたポリマー膜に対して酸素プラズマ処理を行う。

【0023】

【発明の実施の形態】フォトレジストに対するエッチング選択比を向上させる目的で、炭素に対するフッ素の比が2または2未満のプラズマ（以下、「カーボンリッチなプラズマ」と称する。）を用いると、反応室内の内壁にポリマー膜が堆積しやすくなる。これに対して、従来の炭素に対するフッ素の比が2を超えるフルオロカーボンガスのプラズマを用いた場合でも、反応室内の内壁にポリマー膜が形成される可能性はあるが、そのことが特にエッチングプロセスに影響を与えることは無い。

【0024】反応室内の内壁に堆積したポリマー膜は、主に炭素（C）およびフッ素（F）から形成されている。酸化シリコンのエッチングに用いるフルオロカーボン中の炭素の割合が増加すると、ポリマー膜の堆積レートは増加する。炭素に対するフッ素の比が2以下のフルオロカーボンガスを使用して酸化シリコン膜のエッチング処理を行うと、エッチング処理の回数（エッチング処理が施されるウェハの枚数）とともに反応室内に堆積するポリマー膜の厚さが増大する。本願発明者は、炭素に対するフッ素の比が2以下のガスのプラズマを用いてエッチング処理を繰り返すとき、反応室内壁上のポリマー膜に含まれる炭素が、エッチング処理中にプラズマ内へ供給され、その結果、プラズマ中の炭素の量が増加することを見いだした。また、本願発明者は、このようにしてプラズマ中の炭素の量が増加すると、エッチングが進行し

つつあるコンタクトホール底部に堆積するポリマー膜が厚くなるため、従来のドライエッチング方法では、エッチング深さがエッチング処理回数の増加に伴って徐々に浅くなる傾向があることを実験により観察した。

【0025】本発明は、反応室の側壁上のポリマー膜の堆積が反応室内の環境を変化させることを防止し、安定したエッチング処理を実現する。

【0026】(第1の実施形態)以下、本発明による半導体装置の製造方法の第1の実施形態を説明する。

【0027】まず、図1を参照して、本実施形態で用いるドライエッチング装置を説明する。

【0028】図1は、誘導結合型プラズマを用いたドライエッチング装置の概略図を示している。図1のドライエッチング装置は、内部でドライエッチング処理を行う反応室7を備えている。反応室7の外側壁は、反応室7内にプラズマを形成するための誘導コイル1で囲まれている。誘導コイル1は高周波電源2に接続され、高周波電源2から高周波電力(周波数1.8MHz)の供給を受ける。

【0029】反応室7の下部には、被処理基板(シリコン基板)6を支持する下部電極3が設けられ、下部電極3はマッチャー14を介して高周波電源4に接続され、高周波電源4から高周波電流の供給を受ける。下部電極3の上面周辺領域には、石英リング12が配置されている。反応室7の上部には上部シリコン電極5が設けられている。また、反応室7の上部には、必要に応じて反応室を加熱することのできるヒータ11が設けられている。

【0030】反応室7の排気口と外部との間には、圧力制御バルブ8および排気ポンプ9が挿入されている。フルオロカーボンガスである $C_4F_8$ および $CH_2F_2$ にCOおよびArを加えた混合ガス( $C_4F_8/CH_2F_2/CO/Ar$ )がマスフローコントローラー13を介して反応室7に導入される。エッチングガスを構成する各種のガスは、複数のボンベ15~17内に収納されている。エッチングガスは、排気口から圧力制御バルブ8および排気ポンプ9を介して装置外へ排気される。圧力制御バルブ8は、例えば、反応室7内の圧力を1mTorrから500mTorrの範囲内の設定された一定値に維持するよう動作する。

【0031】次に、図1に加えて図2および図3を参照しながら、上記装置を用いて行うドライエッチング工程を含む半導体装置の製造方法を説明する。図3は工程手順を示している。

【0032】まず、図2(a)に示すように、トランジスタなどの半導体素子(不図示)が形成されたシリコン基板20、または半導体素子が形成されつつあるシリコン基板20を用意する。次に、公知の薄膜堆積技術を用いて、シリコン基板20の上に酸化シリコン( $SiO_2$ )膜21を堆積する。この後、フォトリソグラフィ

技術によって、図2(b)に示すように、酸化シリコン膜21上にフォトレジストパターン22を形成する。高解像度を得るために、フォトレジストパターン22の厚さは、 $0.5\mu m \sim 1.0\mu m$ と比較的に薄くする。このフォトレジストパターン22は、これから形成するコンタクトホールの位置の形状を規定する開口部23を有している。

【0033】次に、表面にフォトレジストパターン22が形成された状態のシリコン基板20を、図1に示すドライエッチング装置の反応室7内にセットする。その後、 $C_4F_8/CH_2F_2/CO/Ar$ の混合ガスを反応室7に導入し(図3のステップS1)、ガス圧力を1mTorrから50mTorrまでの間に制御する(ステップS2)。

【0034】次に、誘導コイル1に1000ワット(W)から3000Wまでの間の大きさの高周波電力を印加して、プラズマを生成する(ステップS3)。プラズマ中には、上記混合ガスから形成された他種類の分子、励起原子およびイオンが含まれている。本実施形態では、プラズマの密度が $10^{11} cm^{-3}$ 以上の高密度プラズマが形成される。

【0035】次に、下部電極3に100Wから2000Wまでの間の高周波電力を印加し、それによって自己負バイアスを基板6(図2のシリコン基板20)に与え、酸化シリコン膜21のエッチングを行う(ステップS4)。こうして、図2(c)に示すように、酸化シリコン膜21中にコンタクトホール24を形成する。コンタクトホール24は、シリコン基板20中に形成された不図示の不純物拡散層に達しており、酸化シリコン膜21上に形成される配線とシリコン基板20中の不純物拡散層との電気的コンタクトを可能にする。なお、不純物拡散層は、シリサイド層などであってもよい。

【0036】コンタクトエッチングが終了した後で反応室7内に酸素ガスを導入する(ステップS5)。導入する酸素ガスの流量は、ポリマー除去効率を高くする観点から、100sccm以上にすることが好ましい。実用的には、200sccm以上にすることが更に好ましい。ガス圧力を20mTorr以上に制御しながら(ステップS6)、誘導コイル1に1000Wから3000Wまでの間の高周波電力を印加し、酸素プラズマを生成する(ステップS7)。ガス圧力を20mTorr以上にするのは、放電の安定とポリマー除去効率向上のためである。そして、酸素プラズマによって反応室7の内壁に付着したポリマー膜を酸化し、除去する(ステップS8)。酸素プラズマが形成されている間、下部電極3には高周波電力を供給しない。もし、下部電極3に高周波電力を供給すると、酸素プラズマ中に正電荷イオンがシリコン基板を照射することになる。本実施形態では、酸素プラズマは反応室7の内壁上のポリマー膜を分解するために機能するものであるため、正電荷イオンをシリコン基板

に供給させる必要はない。なお、ポリマー膜は一樣な厚さを持ち連続した膜である必要はなく、反応室内壁上に付着したポリマーであれば、不連続またはポーラス（多孔質）な状態にあるポリマーであっても、本願明細書では「ポリマー膜」と称することとする。

【0037】以上のステップS5からS8が反応室内の環境を制御する工程である。

【0038】次に、図2(d)に示すように、フォトレジストパターン22を除去する。フォトレジストパターン22の除去は、反応室7内で酸素プラズマを用いて行っても良い。その場合、下部電極3に高周波電力を供給することによって、基板に負バイアスを印可することが好ましい。フォトレジストパターンの除去に必要な時間をイオン照射によって短縮できるからである。この後、公知の製造プロセスを経て、半導体装置が製造される。

【0039】図4のグラフは、図3に示した工程手順に従ってドライエッチング処理を行ったときの、反応室環境制御工程における $C_2$ (波長516nm)の発光強度を示している。図4のグラフの横軸は、反応室環境制御工程における放電時間を示している。酸素流量が80sccmの場合、 $C_2$ の発光強度が十分低いレベルに低下するまでの時間が80秒程度必要であることが図4からわかる。発光強度が十分低いレベルに下がった時が反応室壁面に堆積したポリマー膜が実質的に除去された時に対応する。

【0040】図5のグラフは、図4のグラフのデータを得るために行ったドライエッチングの各条件のうち、酸素流量のみを80sccmから300sccmに変更したときの、反応室環境制御工程における $C_2$ (発光波長516nm)の発光強度を示している。図5のグラフの横軸は、反応室環境制御工程における放電時間を示している。

【0041】放電開始後40秒程度で発光強度が下がっていることが図5からわかる。また、酸素流量の増加によって、環境制御に要する時間が図2の場合の約1/2に低減したことがわかる。酸素流量を増加することは反応室内の環境制御に効果的である。酸素流量としては、300sccm以上にすることが特に好ましいが、200sccm以上でも十分な効率でポリマー膜を除去できる。

【0042】図6は、フォトレジストで大部分を覆われた厚さ2.0 $\mu$ mの酸化シリコン膜に直径0.2 $\mu$ m程度のコンタクトホールを形成する場合におけるエッチング特性（エッチング深さのウェハ処理枚数依存性）を示す。図6のグラフには、反応室環境制御工程を行った場合（実施例）と行わない場合（比較例）の両方についてのデータが示されている。ウェハ25枚のエッチングを実施した場合、比較例では、処理枚数の増加に伴ってエッチング深さが浅くなり、コンタクトがオープン不良を

引き起こしている。しかし、反応室環境制御の工程を行った実施例では、各エッチング処理時のプラズマ内のカーボン量が一定に保たれるので、安定したエッチング深さが得られている。

【0043】図7は、炭素に対するフッ素の比率が2より大きいフルオロカーボンガス（低炭素含有比率ガス）を用いた場合（従来例）の、酸素プラズマ処理時の $C_2$ の発光強度の時間変化を示す。

【0044】低炭素含有比率ガスとして $C_2F_6$ を用いて酸化膜のエッチングを行い、引き続き同一反応室で酸素流量を300sccm導入して、酸素プラズマを生成した。図5からわかるように、最初から炭素の発光は検出されておらず、環境制御工程が必要ないことがわかる。これは、炭素に対するフッ素の比率が2より大きいガス（ $C_2F_6$ の場合、比率は3）なので、プラズマがカーボンリッチになっていないためである。したがって、本発明は炭素に対するフッ素の比率が2以上のガスを用いたプラズマエッチングに極めて有効である。

【0045】本実施形態では、反応室内壁に堆積したポリマーの除去を、コンタクトエッチングの終了後に行っている。しかし、反応室内壁に堆積したポリマーの除去は、次のウェハに対してコンタクトエッチング処理を行う前に行えばよい。

【0046】なお、コンタクトエッチングが終了した後、図2(c)に示すコンタクトホール24の底部（エッチング終端面）に形成されているポリマー膜（不図示）を除去する工程を特別に行っても良い。この工程は、例えば、酸素プラズマを形成しながら下部電極3に高周波電力を供給することによって実施できる。下部電極3に高周波電力を供給することによって、基板に負バイアスが印加され、酸素プラズマ中の正電荷イオンがコンタクトホール24の底部にまで十分に供給され、その結果、底部のポリマー膜が円滑に除去される。このようなポリマー膜の除去は、コンタクト不良を防止する上で極めて有効である。この工程は、反応室環境制御工程の前に行っても良いし、後に行っても良い。ただし、コンタクトホール24の底部のポリマー膜を除去することによってシリコン基板20の表面の一部を露出させる工程は、反応室環境制御工程によって反応室内の環境を一定の水準に制御した後に行うことが好ましい。

【0047】もし、コンタクトホール24の底部のポリマー膜を除去する工程の後に反応室環境制御工程を行う場合は、シリコン基板を反応室から除去した後に反応室環境制御工程を行っても良い。また、反応室環境制御工程は、コンタクトエッチング工程の後に必ず行うことが好ましいが、複数のエッチング処理に対して一回の割合で反応室環境制御工程を行うようにしてもよい。反応室環境制御工程を行う目的は、反応室内壁に形成されつつあるポリマー膜がエッチング処理時のプラズマに影響を及ぼす厚さに成長する前に、そのポリマー膜を分解・除

去することにある。そのため、反応室環境制御工程を行うタイミングは、必ずしも、コンタクトエッチングが終了した直後に限定されるわけではない。ただし、エッチング処理および反応室環境制御処理などの一連の処理を連続して行うようにプログラム化しておくことが好ましいことは言うまでもない。

【0048】(第2の実施形態)本発明による半導体装置の製造方法の第2の実施の形態を説明する。

【0049】図8は、本実施形態における半導体装置の製造方法を実施する場合の工程手順を示している。本実施形態で行うドライエッチングは、図1に示す装置を用いて行うことができる。

【0050】まず、第1の実施形態と同様に、図2(a)に示すように、トランジスタ素子などの半導体素子が形成されたシリコン基板、または半導体素子が形成されつつあるシリコン基板を用意する。

【0051】次に、公知の薄膜堆積技術を用いて、シリコン基板20上に酸化シリコン膜21を形成する。この後、フォトリソグラフィ技術により、酸化シリコン膜21上にフォトレジストパターン22を形成する。

【0052】次に、表面にフォトレジストパターン22が形成された基板20を、図1に示すドライエッチング装置の反応室7内にセットする。その後、 $C_4F_8/CH_2F_2/CO/Ar$ の混合ガスを反応室に導入し(図8のステップS1)、ガス圧力を1mTorrから50mTorrまでの間に制御する(ステップS2)。

【0053】次に、誘導コイル1に1000Wから3000Wまでの間で高周波電力を印加して、プラズマを生成する(ステップS3)。そして下部電極3に100Wから2000Wまでの間で高周波電力を印加してエッチングを行う(ステップS4)。エッチングが終了した後で反応室7内に一酸化炭素を20sccm以上と酸素ガスを80sccm以上導入する(ステップS15)。ガス圧力を20mTorr以上に制御して(ステップS6)、誘導コイルに1000Wから3000Wまでの間で高周波電力を印加して、酸素プラズマを生成する(ステップS7)。そして、反応室壁に付着したポリマー膜を除去する(ステップS8)。

【0054】以上のステップS15およびステップS6からS8が反応室内部の環境を制御する工程である。

【0055】一酸化炭素はポリマー膜に含まれるフッ素と反応し、ポリマー膜の分解に寄与する。その反応は以下の反応式に従う。

【0056】

$CO + F \rightarrow COF$  または

$CO + 2F \rightarrow COF_2$

(第3の実施形態)次に、本発明による半導体装置の製造方法の第3の実施形態を説明する。

【0057】図9は、発光分光器を用いた環境制御モニター方法を示す。

【0058】図9の誘導結合型プラズマを用いたドライエッチング装置は、基本的には、図1の装置と同様の構成を備えており、図1の構成要素と同じ構成要素については、同一の参照符号を付加している。

【0059】図9のドライエッチング装置も、内部でドライエッチング処理を行う反応室7を備えている。反応室7の外側側壁は、反応室7内にプラズマを形成するための誘導コイル1で囲まれている。誘導コイル1は高周波電源2に接続され、高周波電源2から高周波電力の供給を受ける。

【0060】反応室7の下部には、被処理基板(シリコン基板6)を支持する下部電極3が設けられ、下部電極3はマッチャー4を介して高周波電源4に接続され、高周波電源4から高周波電力の供給を受ける。下部電極3の上面周辺領域には、石英リング12が配置されている。反応室7の上部には上部シリコン電極5が設けられている。

【0061】反応室7の排気口と外部との間には、圧力制御バルブ8および排気ポンプ9が挿入されている。フルオロカーボンガスである $C_4F_8$ および $CH_2F_2$ に $CO$ および $Ar$ を加えた混合ガス( $C_4F_8/CH_2F_2/CO/Ar$ )がマスフローコントローラー11を介して反応室7に導入される。エッチングガスは排気口4から圧力制御バルブ8および排気ポンプ9を介して装置外へ排気される。圧力制御バルブ8は、例えば、反応室7内の圧力を1mTorrから500mTorrの範囲範囲内の一定値に維持するように動作する。

【0062】反応室7には受光窓15が設けられており、受光窓15を通してプラズマ中の $C_2$ 、酸素およびフッ素の発光を含む光が受光部16から分光器17へ導入される。分光器17によって、 $C_2$ 、酸素およびフッ素の発光が分離され、各発光の強度が測定される。発光強度の測定値は、コンピュータ18で処理される。発光強度があらかじめ設定されたレベルによりも低下すると、コンピュータ18はオフ信号を高周波電源2および4に送って反応室環境制御工程を終了させる。

【0063】このようにすることによって、反応室7内の環境を常にモニターできるとともに、反応室環境制御工程の時間を最適化できる。

【0064】なお、上記いずれの実施形態においても、炭素に対するフッ素の比が2以下のガスとして $C_4F_8$ を用いたが、 $C_5F_8$ 、 $C_3F_8O$ もしくは $C_4F_6$ またはこれらの混合ガスを用いても良い。

【0065】なお、上記いずれの実施形態においても、酸化シリコン膜が形成される被加工基板としてシリコン基板を使用しているが、他の基板(例えばガラス基板)を用いても良い。ただし、ガラス基板を使用する場合、ガラス基板自体も主成分が酸化シリコンであるためエッチングを被ることになる。ガラス基板上に多結晶シリコン膜または非晶質シリコン膜を形成した後、それらを覆う

11

ように酸化シリコン膜を形成し、酸化シリコン膜の所定領域をレジスト膜で覆えば、ガラス基板を用いて本発明を実施することは十分に可能である。ガラス基板やその他の基板上に薄膜トランジスタを形成した半導体装置も、今後、ますます集積化される可能性がある。そのような半導体装置の製造に本発明を適用することは非常に好ましい効果をもたらすと期待される。

## 【0066】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、炭素に対するフッ素の比が2以下のガスを用いたプラズマエッチングにおいて、反応室内壁に形成されたポリマー膜を酸化する工程を備えたことにより、ポリマー膜の炭素が酸素と反応して内壁から除去・排気される結果、安定したコンタクトエッチングが可能となり、エッチング処理の回数が増えてもオープン不良の発生を防止することができる。

【0067】また、反応室の環境を $C_2$ の発光または酸素の発光またはフッ素の発光を用いてモニターすれば、反応室内壁のポリマーの堆積状況を把握できるとともに、ポリマー除去または低減のため反応室環境制御工程に要する時間を最適化できる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による半導体装置の製造方法に使用するドライエッチング装置の概略図。

【図2】(a)から(d)は、本発明による半導体装置の製造方法の途中の工程を示す工程断面図。

【図3】本発明の第1の実施形態の工程手順を示す図。

【図4】本発明の第1の実施形態における発光強度の変化を表す図(酸素流量80sccm)。

【図5】本発明の第1の実施形態における発光強度の変化を表す図(酸素流量300sccm)。

12

【図6】本発明の第1の実施形態におけるエッチング深さの変化を表す図。

【図7】低炭素含有比率ガスを用いた比較例における発光強度の変化を示す図。

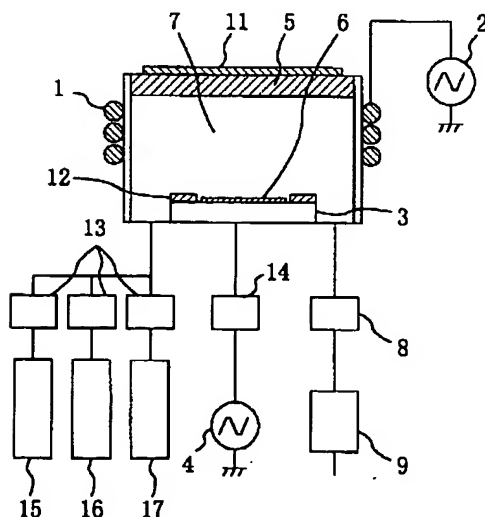
【図8】本発明の第2の実施形態の工程手順を示す図。

【図9】本発明の第3の実施形態に使用する装置の構成を示す概略図。

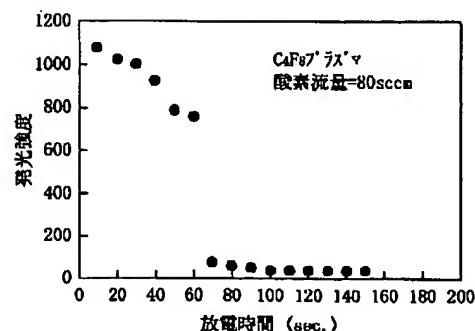
## 【符号の説明】

- 1 誘導コイル
- 2 高周波電源
- 3 下部電極
- 4 高周波電源
- 5 上部シリコン電極
- 6 シリコン基板
- 7 反応室
- 8 圧力制御バルブ
- 9 排気ポンプ
- 15～17 ガスボンベ
- 11 ヒーター
- 12 シリコンリング
- 13 マスフローコントローラー
- 14 マッチャー
- 15 受光窓
- 16 受光部
- 17 分光器
- 18 コンピュータ
- 20 シリコン基板
- 21 酸化シリコン膜
- 22 フォトレジスト
- 23 開口部
- 24 コンタクトホール

【図1】

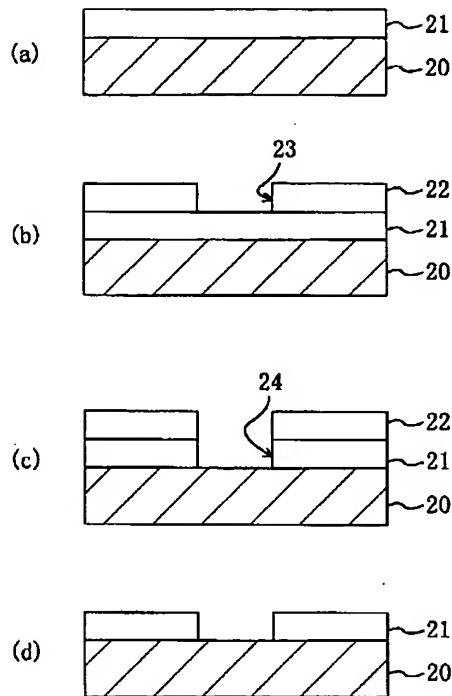


【図4】

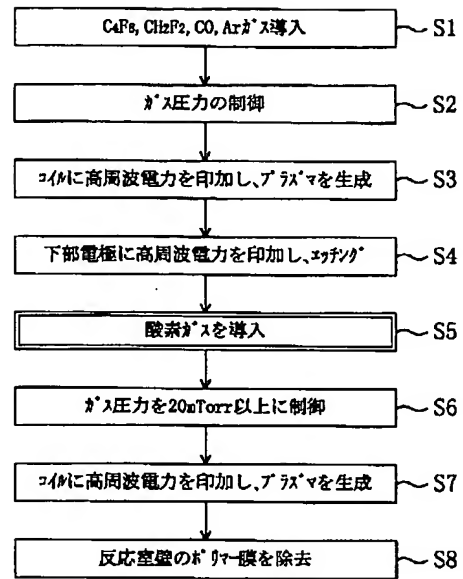




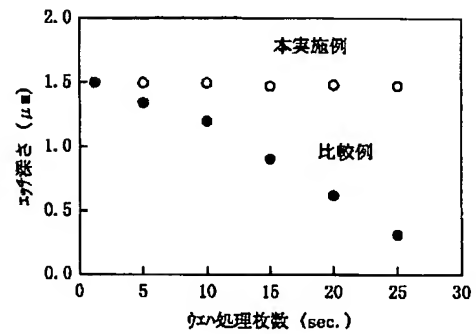
【図2】



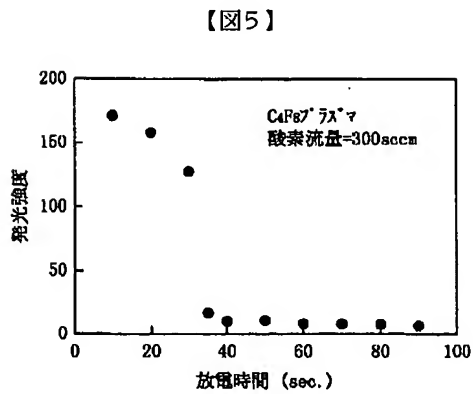
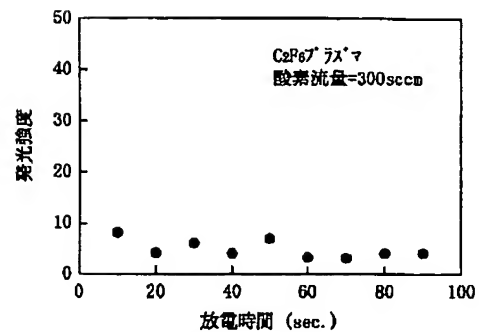
【図3】



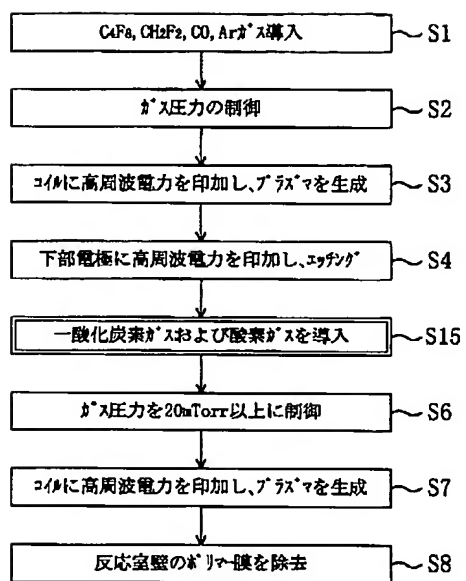
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

